

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

**LECTURA DE EDADES EN
OTOLITOS DE PECES
TELEOSTEOS**

INFORME TECNICO Nº 30

MAYO 1982

0030

MONTEVIDEO · URUGUAY

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Director de la División de Biología Pesquera del Instituto Nacional de Pesca, Dr. Hebert Nión, y al Sub-Director de dicha División, Prof. Guillermo Arena, por la revisión crítica del presente trabajo.

Asimismo desean agradecer al Dr. Víctor Scarabino del Departamento de Planctología y Bentos por su colaboración en la sección de fotografía.

Por último -y no por ello menos importante- se agradece al Ing. Jörn Aagaard, Experto Principal del Proyecto FAO/PNUD/INAPE URU/78/005 por su apoyo sostenido.

ERRATAS

- Página 6; línea 13, Donde dice: zonas opacas de crecimiento lento, debe decir, zonas opacas de crecimiento rápido.
- Página 20; línea 11, Donde dice: (Figura 9A:1), debe decir, (Figura 9A).
- Página 20; línea 16, Donde dice: (Figura 9A:2), debe decir, (Figura 9A: 1).
- Página 24; línea 14, Donde dice: (Figura 7 y 9A), debe decir, (Figura 9A:7).
- Página 24; línea 19, Al final de la línea debe agregarse: (Figura 9A:2).

LECTURA DE EDADES EN
OTOLITOS DE PECES
TELEOSTEOS

PREPARADO POR :

HECTOR R. LETA

DIVISION BIOLOGIA PESQUERA
INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

ALBERT KEIM

PROYECTO FAO/PNUD/URU/78/005
"ASISTENCIA AL INAPE"

MONTEVIDEO, MAYO 1982

ABSTRACT

In general, the increased exploitation of the natural organic resources of the world makes it more and more necessary to apply proper resource management procedures in order to avoid overexploitation. In the fisheries field, the management is, among other things often based on studies of fish ageing. Such studies have become an important tool, to be used in the elaboration of population dynamic models and of biological parameters like stock recruitment, growth and mortality.

In age studies the otoliths and scales of the fish are of basic importance. The reason is that they reflect the occurrence of the biological changes, which take place in the fish during its lifespan. Such changes may derive from for instance the natural growth process of the fish or from variations in its environment. To interpretate the age-readings correctly a solid general biological knowledge is therefore required.

The present paper describes theoretical and practical aspects of age reading of otoliths in teleostean fishes and includes the methodology and equipment to be used.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCION	I
2. GENERALIDADES	1
3. OTOLITOS	2
3.1 Estructura y crecimiento de los otolitos	2
3.2 Fuentes de error en la determinación de la edad a través de otolitos	4
3.2.1 Anillos falsos y anillos dobles	4
3.2.2 Otras fuentes de error	6
4. EDAD, GRUPO DE EDAD, CLASE DE EDAD, NACIMIENTO	8
4.1 Composición por edades	9
4.2 Claves de largo-edad	10
5. METODO DE EXTRACCION DE OTOLITOS	13
5.1 Corte oblicuo del neurocráneo	13
5.2 Corte ventral de las cápsulas óticas	13
5.3 Metodología según grupos de especies	17
6. PRESERVACION DE OTOLITOS	17
7. TRATAMIENTO DE OTOLITOS	18
7.1 Pulido de otolitos	18
7.2 Corte transversal de otolitos	18
7.3 Secciones de otolitos	20
8. MONTAJE DE OTOLITOS	25
9. METODOS DE LECTURA DE EDADES	28
10. VALIDEZ DE LA LECTURA DE EDADES	31
10.1 Cálculo retrospectivo del largo-edad	31
11. CONSIDERACIONES SOBRE LA LECTURA DE EDADES	33
BIBLIOGRAFIA	36

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1	3
Figura 2	3
Figura 3	5
Figura 4	5
Figura 5A	14
Figura 5B	14
Figura 6A	15
Figura 6B	15
Figura 6C	16
Figura 6D	16
Figura 7A	19
Figura 7B	19
Figura 8A	21
Figura 8B	21
Figura 9A	22
Figura 9B	22
Figura 9C	23
Figura 10A	26
Figura 10B	26
Figura 10C	27
Figura 11	29
Figura 12	29
Figura 13	32

1. INTRODUCCION

Para evaluar los cambios que se producen en las poblaciones de animales marinos, ya sea por causas naturales o por efectos de la pesca, es necesario conocer en forma exacta la edad de los individuos.

Este aspecto resulta de fundamental importancia para poder determinar los parámetros de crecimiento, mortalidad, reclutamiento y otros parámetros poblacionales.

En forma general, la determinación de la edad en los peces óseos se realiza estudiando las discontinuidades que se producen en sus estructuras esqueléticas, que pueden obedecer a cambios ambientales o cambios fisiológicos de la especie. Sin embargo, en especies que viven en un medio relativamente estable no se producen dichas discontinuidades por lo cual el cálculo de la edad no es posible por métodos directos, utilizándose en ciertos casos métodos indirectos.-

Las estructuras esqueléticas que se toman en cuenta para llevar a cabo el estudio de la edad en peces son de varias clases: otolitos, escamas, vértebras, radios duros de las aletas, huesos del cráneo, etc. Todas ellas tienen en común el estar formadas por una matriz orgánica sobre la cual se deposita periódicamente carbonato de calcio. La sucesión de los depósitos de sustancia mineral es la que permite conocer la edad mediante la aplicación de determinadas técnicas de lectura. Estas técnicas varían en función de las estructuras y especies consideradas. Por otra parte, es posible aplicar más de un método de lectura para la misma especie, lo cual permite verificar resultados.

El presente informe tratará en lo sucesivo los distintos aspectos relacionados con la determinación de la edad en base a la lectura de otolitos.

2.- GENERALIDADES

Uno de los temas más importantes de la dinámica de poblaciones de peces es el que se refiere al estudio del crecimiento.

En general el ciclo de vida de un pez se puede esquematizar de la siguiente manera: una etapa juvenil de crecimiento rápido, y una etapa adulta durante la cual el aumento de tamaño se produce en forma cada vez más lenta, hasta detenerse por completo al alcanzarse una talla máxima o asintótica. En los estadios juveniles, o para especies de corta vida, el crecimiento se puede estudiar mediante el análisis de las frecuencias de longitudes. Esto resulta válido si la distribución de las longitudes de las muestras representa la verdadera distribución de longitudes de la población. Asimismo, por este método es posible seguir en el tiempo una clase de edad anual determinada que por su fuerza se destaque en la población.

Si bien esto es correcto, en los estadios adultos y seniles las clases de edad tienden a superponerse enmascarando la verdadera estructura de la población.

Un método de gran valor en la determinación de la edad es el que se relaciona con el estudio de los anillos de crecimientos de otolitos.

3. OTOLITOS

Los otolitos constituyen una parte muy importante del oído interno de los peces óseos. Son estructuras calcáreas depositadas por el líquido endolinfático del laberinto, las cuales se encuentran alojadas en dos cavidades adyacentes del neurocráneo: las cápsulas óticas.

Se reconocen tres pares de otolitos: sagitta (saculus), lapillus (utrículus) y asteriscus (lagena). De estas tres estructuras, la sagitta es la más utilizada para la determinación de la edad y se halla vinculada con la función de la audición. Si mediante cirugía se extraen ambas sagitta, el pez nada normalmente pero no reacciona al rango de sonidos como lo haría habitualmente.

Una de las caras del otolito presenta una depresión que la atraviesa en el sentido de su eje mayor: el surco acústico (Figura 1); correspondiente a la zona del otolito que está en contacto con un gran número de células ciliadas que constituyen la porción sensorial (mácula).

3.1 Estructura y crecimiento de los otolitos

Los otolitos aparecen tempranamente en la vida del pez; a modo de ejemplo se puede citar que en el bacalao Gadus morhua el saculus y el utrículus pueden verse al sexto día de producida la fertilización (M'Intosh and Prince, 1890), la lagena aparece más tarde.

Inicialmente se forma un núcleo alrededor del cual se depositan capas de sustancia calcárea.

Si se observa con luz directa un otolito de merluza Merluccius merluccius hubbsi, utilizando un fondo oscuro (Figuras 1 y 2) se pueden notar series de bandas concéntricas hialinas y opacas. Si el mismo otolito se observa con luz reflejada, las bandas hialinas se verán claras y las opacas oscuras.

Corrientemente los términos hialino y opaca están referidos a "zona de invierno" y "zona de verano" respectivamente, pero ambas pueden formarse en cualquier estación del año (Irie, 1957), por lo que se prefiere para evitar confusiones referirse a zona hialina y zona opaca.

Figura 1. Otolito de merluza
Merluccius merluccius
hubbsi de cuatro años
de edad

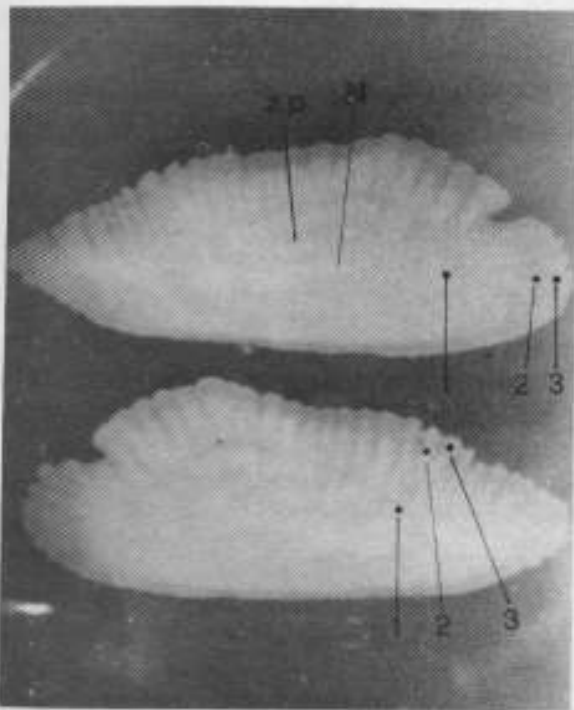
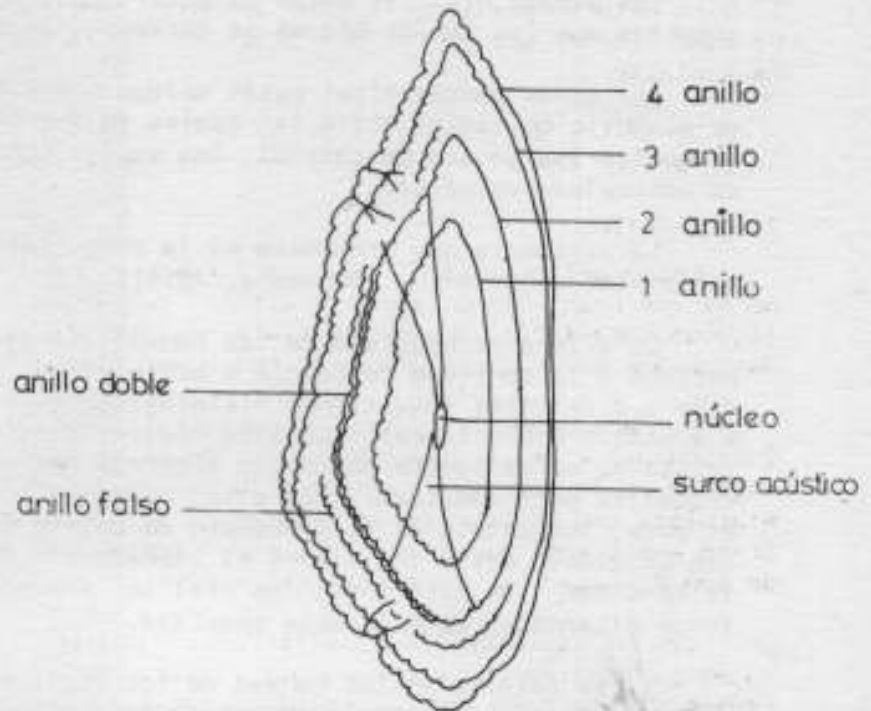


Figura 2. Otolito de merluza
Merluccius merluccius
hubbsi de tres años
de edad. N: núcleo,
zp.: zona pelágica,
1, 2, 3 anillos anuales
(hialinos)

Las bandas hialinas están caracterizadas por capas delgadas, mientras que las bandas opacas se caracterizan por capas gruesas.

Las capas concéntricas están unidas entre sí por fibras sólidas de disposición radial entre las cuales se depositan cristales de aragonita (carbonato de calcio), los cuales confieren al otolito su naturaleza calcárea.

La sustancia que predomina en la zona opaca es una proteína denominada conquiolina (Dannevig, 1956).

La diferente opacidad de las bandas que aparecen en los otolitos obedece a la cantidad de calcio y proteína que se deposita, en relación a diferentes condiciones fisiológicas (vinculadas por lo general a aspectos ambientales). La zona hialina contiene gran cantidad de cristales de carbonato de calcio mientras que en la zona opaca se encuentra poca cantidad. Por ello, cuando la cantidad depositada es poca, los cristales de carbonato de calcio son pequeños y el espacio existente entre los mismos es llenado por proteínas, lo que aumenta la opacidad. De este modo, los otolitos aumentan su tamaño añadiendo zonas alternadas de diferente opacidad.

Si se relacionan las bandas de los otolitos con el crecimiento del pez, se observa que las zonas opacas están asociadas con períodos de crecimiento rápido (verano, otoño) y que las zonas hialinas corresponden a períodos de crecimiento lento (invierno, primavera). Por lo tanto, luego de un año, es posible notar que se ha agregado una zona opaca y una zona hialina a las ya existentes en el otolito. Si se establece que la formación de ambas zonas corresponde a un modelo de tiempo definido, es posible entonces determinar la edad de un pez; por ejemplo, una zona opaca seguida de una hialina al cabo de un año significa un crecimiento anual. Si todas las zonas hialinas representan años, el número de zonas hialinas puede considerarse como la edad del pez (si éste ha alcanzado la fecha de nacimiento). (Figuras 3 y 4)

3.2 Fuentes de error en la determinación de la edad a través de otolitos

3.2.1 Anillos falsos y anillos dobles

En la mayoría de los casos el ambiente en el cual el pez vive está sujeto a cambios, los cuales se traducen en la formación de los anillos de crecimiento del otolito.

Figura 3. Otolito de pescadilla de red Macrodon ancylodon de dos años de edad. N: núcleo; 1 y 2 anillos anuales (hialinos)

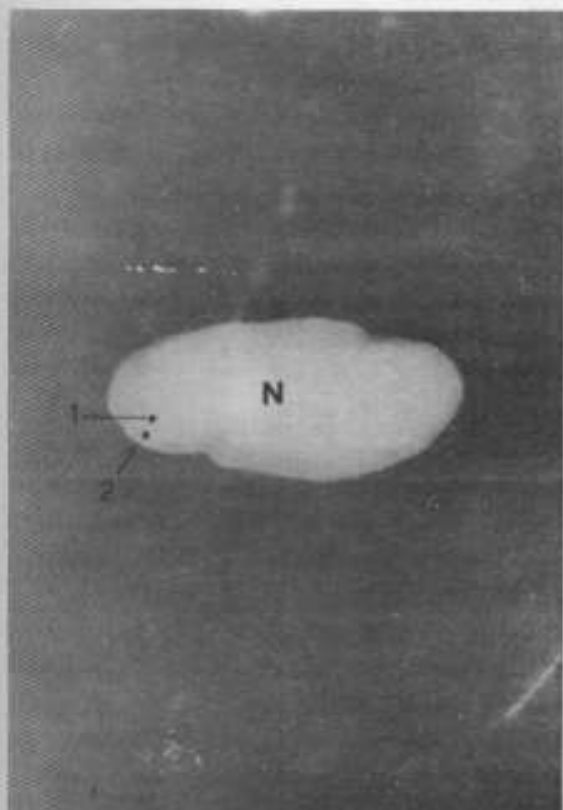
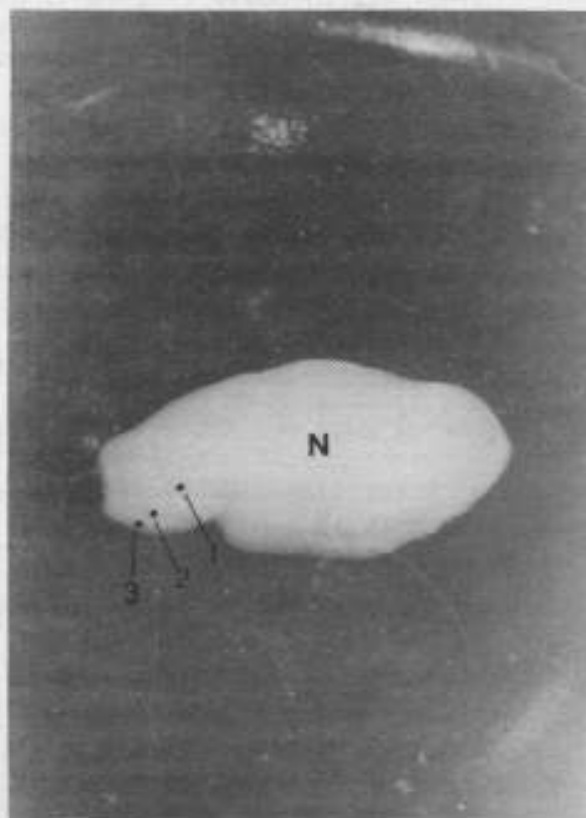


Figura 4. Otolito de pescadilla de red Macrodon ancylodon de tres años de edad. N: núcleo; 1, 2, y 3 anillos anuales (hialinos)



Por otra parte, si se acepta que el crecimiento de un pez se produce de acuerdo con el modelo de crecimiento de Von Bertalanffy, (por ejemplo, incrementos decrecientes luego de dos o tres años de rápido crecimiento); y además que el tamaño del radio del otolito está en relación directa con el tamaño del pez; se obtendrán series progresivas de crecimiento decreciente hacia la periferia del otolito. Si este patrón de distribución es claramente reconocible, el problema de distinguir anillos falsos o dobles puede solucionarse en una gran medida.

Sin embargo, la pauta estacional normal de formación de zonas hialinas u opacas puede verse alterada. Así, por ejemplo, durante verano u otoño (estaciones en las cuales habitualmente se forman zonas opacas de crecimiento lento) ocasionalmente se pueden observar zonas hialinas estrechas (crecimiento lento). Asimismo, en invierno o primavera pueden encontrarse zonas opacas estrechas, pese a que lo normal serían zonas hialinas amplias correspondientes a crecimiento lento.

Un anillo falso (Figura 1) es una zona hialina en el medio de una zona opaca, y generalmente no es continuo alrededor del otolito.

Un anillo doble (Figura 1) es una zona hialina compuesta que consiste en dos o más zonas hialinas que siguen un mismo patrón de distribución, las cuales se hallan muy juntas entre sí y que en su conjunto comprenden un año.

3.2.2 Otras fuentes de error

En individuos de una población dada, capturados en la misma área, es posible encontrar diferencias sustanciales en la tasa de crecimiento. Por ejemplo, en el lenguado del Mar del Norte, la edad de los ejemplares comprendidos entre 25 y 29 cm es de 1 a 7 años. Asimismo, en ciertas áreas contiguas del Atlántico Noroccidental de Canadá, ejemplares de bacalao de la misma longitud presentan diferencias de edad del doble de años entre uno y otro.

Estas clases de variaciones pueden confundir al lector que primero mira la longitud del pez y luego decide cuál debería ser la edad correcta. De este modo el lector omite o agrupa anillos de crecimiento para que coincidan con la edad preconcebida, lo que está lejos de una correcta interpretación biológica.

Errores parecidos se cometen al tratar de definir los límites del núcleo y anillos de crecimiento en base a las zonas encontradas en otros otolitos. El otolito de un pez que crece lentamente puede tener el núcleo y los primeros tres o cuatro anillos del mismo tamaño que el núcleo y dos anillos de un pez que crece rápidamente. Si esto no se tiene en cuenta, será posible decir que en el primer caso señalado las zonas observadas corresponden a anillos falsos.

Existen, por otra parte, errores que emergen del tipo de tratamiento que se aplica al otolito previo a su lectura, y que generalmente corresponden a daños mecánicos que resultan en la sub o sobreestimación de la edad.

En los otolitos de merluza es característico encontrar lo que se denomina "zona pelágica" (Figura 2). Se considera que se forma previamente a la zona hialina del primer invierno (3-5 meses de edad). Los individuos juveniles son generalmente pelágicos hasta esa edad, luego de lo cual, bajo la influencia de la temperatura y disponibilidad de alimentos, migran hacia el fondo para continuar una existencia demersal. Este cambio en el habitat se asume se refleja en el otolito mediante la formación de una zona hialina (la cual, a los efectos del conjunto de años, no se toma en cuenta).

4. EDAD, GRUPO DE EDAD, CLASE DE EDAD, NACIMIENTO

En el estudio de edades es frecuente la utilización de esta terminología.

La edad de un pez se refiere al período de tiempo comprendido entre el nacimiento y un momento dado.

El grupo de edad comprende al conjunto de individuos de esa edad determinada.

Se considera que un pez pertenece a una clase de edad determinada si corresponde a una cierta generación nacida en fecha tal que, en el momento de la observación, tiene esa edad.

La fecha de 'nacimiento' utilizada para determinar la edad, no necesariamente tiene que coincidir con el nacimiento biológico. Por ejemplo, para la mayoría de las especies del Atlántico Norte, se ha adoptado arbitrariamente como fecha de nacimiento el 1° de enero (comienzo del invierno en el hemisferio norte). De este modo, un pez que en enero de 1982 muestra tres zonas opacas y tres hialinas pertenece al grupo de edad tres. Si luego, durante el mes de junio del mismo año aparece una cuarta zona opaca, no se le asigna al grupo de edad cuatro, sino hasta enero de 1983. La edad verdadera en enero de 1982 será tres años (si proviene del desove del 1° de enero de 1979) y en diciembre de 1982: tres años, once meses y 31 días.

La ventaja de adoptar este sistema consiste en obtener correspondencia entre los años calendario y las clases de edad.

Un conocimiento pormenorizado del patrón de formación de los anillos de crecimiento es necesario en este caso, ya que probablemente se tengan que descontar anillos formados antes de la fecha de nacimiento establecida, o bien, agregar un anillo aún no visible que debería haberse formado en ese momento.

Las utilidades que brinda el conocimiento del patrón de formación de los anillos de crecimiento no sólo hacen referencia a lo citado precedentemente, sino que asimismo permite reconocer patrones de desove y de diferentes stocks. Así, por ejemplo, en el bacalao del Artico las zonas opacas posteriores al desove aparecen extremadamente delgadas y regulares. A través del estudio de los otolitos se han podido separar tres stocks de bacalao que habitan el Artico Noroccidental de Noruega: stock del Mar de Barents, stock de la parte oeste del área, y stock de la costa de Noruega.

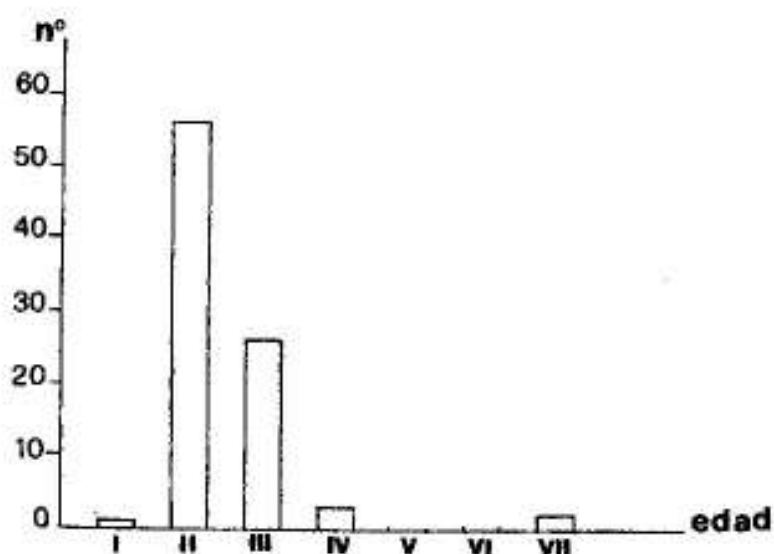
4.1 Composición por edades

Se entiende por composición por edades a la proporción de los diferentes grupos de edad que se hallan presentes en una captura o en la población. Determinar la composición por edades de una captura resulta muy simple, basta con determinar la edad de los ejemplares capturados. A modo de ejemplo, a continuación se presenta la composición por edades de una captura de 88 ejemplares de pescadilla de red Macrodon ancylodon de las costas del Depto. de Canelones (Uruguay).

TABLA I

EDAD	NUMERO
I	1
II	56
III	26
IV	3
V	0
VI	0
VII	2

Este resultado se puede representar gráficamente mediante un histograma para facilitar su comprensión.



Sin embargo, el total de 583 ejemplares estudiados no refleja la verdadera composición de las capturas, por lo que debe calcularse la exacta proporción en base al total de individuos desembarcados de cada intervalo de longitud.

En la Tabla III se observa que el grupo de 19 cm contiene 29.125 ejemplares, los cuales corresponden al 100% de los individuos de la edad I; pero en el grupo de 20 cm el valor de $N = 39.650$ debe repartirse entre las edades I y II. Para este grupo de longitud, siete de cada ocho ejemplares corresponden a la edad I (87,50%), y sólo uno a la edad II (12,50%). Si se acepta que el porcentaje correspondiente a cada grupo de edad en cada intervalo de longitud considerado, es aplicable al período desembarcado se obtiene para el grupo de 20 cm:

$$87,50 \times \frac{39.650}{100} = 34.693 \text{ peces de edad I, y}$$

$$12,50 \times \frac{39.650}{100} = 4.957 \text{ peces de edad II}$$

Para facilitar los cálculos en intervalos de longitud que contienen más de dos grupos de edad, se utiliza un factor de conversión que se obtiene dividiendo el número total de peces desembarcados para el intervalo considerado (ejemplo: 20.516 peces en el intervalo de 32 cm) entre el número total de lecturas ($N = 13$), y luego multiplicando el resultado por el número de ejemplares de cada grupo de edad:

$$\begin{aligned} \frac{20.516}{13} &= 1.578 \times 4 = 6.312 \text{ (grupo de edad III)} \\ &\times 7 = 11.047 \text{ (grupo de edad IV)} \\ &\times 2 = 3.157 \text{ (grupo de edad V)} \end{aligned}$$

5. METODO DE EXTRACCION DE OTOLITOS

En una forma general existen dos maneras de extraer los otolitos: mediante un corte oblicuo de la zona dorsal del neurocráneo, o bien mediante un corte longitudinal de la zona ventral de las cápsulas óticas.

5.1 Corte oblicuo del neurocráneo

Para efectuar este corte se debe sujetar la cabeza del ejemplar introduciendo los dedos índice y pulgar (mano izquierda o derecha) en las cavidades oculares.

Se corta el neurocráneo delante de los ojos con una inclinación de aproximadamente 45°. Luego, se toma el hocico y se presiona hacia abajo de modo de producir el quiebra de la zona seccionada y exponer los otolitos. Los otolitos se extraen utilizando una pinza de punta (Figuras 5A y 5B).

Una vez extraídos, los otolitos se limpian de restos de tejidos y humores y se secan con un papel absorbente para su posterior preservación.

5.2 Corte ventral de las cápsulas óticas

Se coloca el ejemplar con el abdomen hacia arriba y se efectúa un corte transversal de la región yugular inmediatamente delante del cleithrum.

Se introduce la mano en la cámara branquial a través de la zona seccionada, se sujetan las branquias y se tira de ellas hacia arriba y adelante de modo de extraerlas y exponer las cápsulas óticas. Estas se hallan en la base del neurocráneo y constituyen gran parte del techo de la cámara branquial. Se reconocen fácilmente debido a su característica forma bulbosa.

Se efectúa un corte longitudinal que se inicia en el borde posterior de la cápsula ótica y se dirige hacia adelante en dirección al parasfenoide.

Para exponer los otolitos, se hace palanca hacia afuera con el instrumento de corte de modo de quebrar la pared de la cápsula ótica. Se exponen los otolitos, se extraen y se limpian tal como se indicó anteriormente. (Figuras 6A, 6B, 6C y 6D).

Figura 5. Corte dorsal del neurocráneo

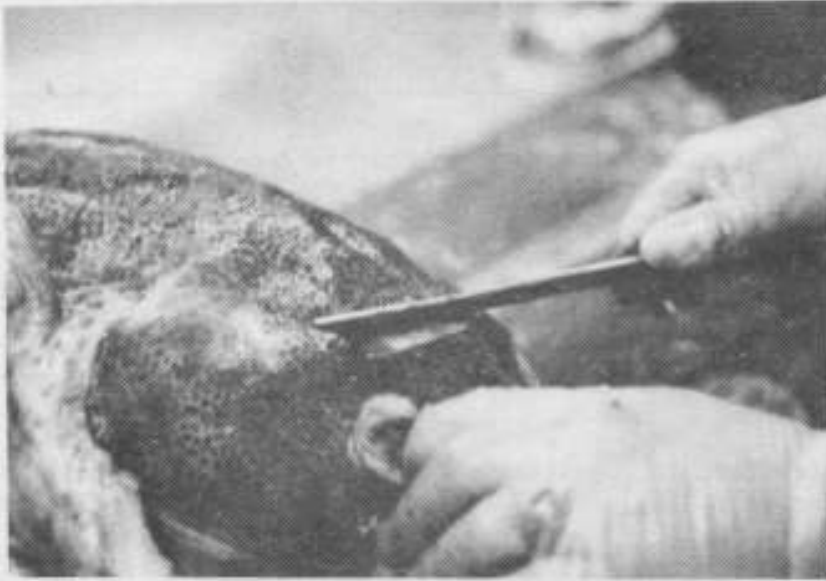


Figura 5A.
Se observa el corte
del neurocráneo con
una inclinación de
45° aproximadamente.



Figura 5B.
La superficie de corte
se ha quebrado y
se extraen los otolitos
mediante una pinza

Figura 6. Corte ventral de las cápsulas óticas



Figura 6A.
Extracción de las branquias.

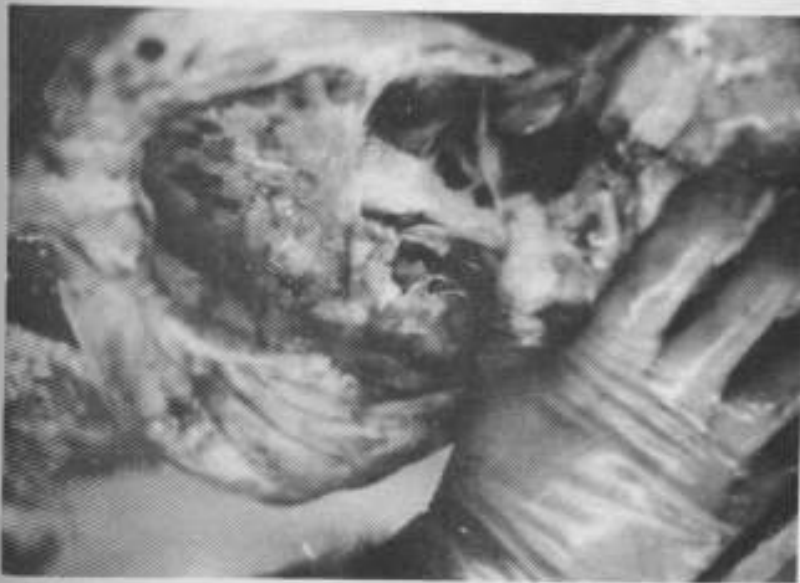


Figura 6B.
Exposición de las cápsulas
óticas.

Figura 6. (continuación)



Figura 6C.
Corte de la cápsula ótica

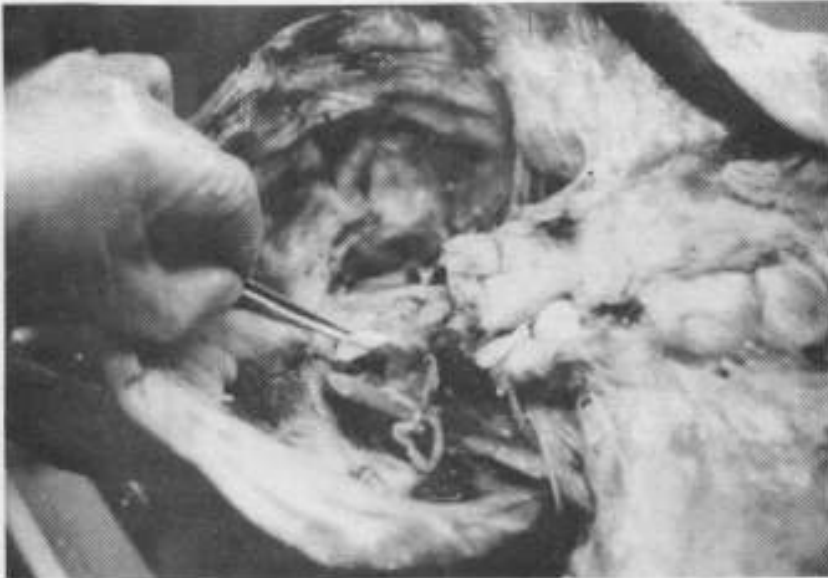


Figura 6D.
Extracción de los otolitos

5.3 Metodología según grupos de especies

La metodología utilizada para la extracción de los otolitos varía de acuerdo a las especies consideradas así como también de acuerdo al tamaño de los ejemplares.

En peces pelágicos pequeños, tales como anchoíta Engraulis anchoita y surel Trachurus picturatus australis, los otolitos se extraen desde las cápsulas óticas efectuando el quiebre de las mismas mediante presión de la cabeza hacia abajo. Este método de fácil y rápida realización permite el muestreo de un significativo número de ejemplares en un lapso de tiempo relativamente corto.

En las especies pelágicas de mediano y gran tamaño, como caballa Scomber japonicus marplatensis y pez limón Seriola lalandei, se pueden aplicar indistintamente los métodos arriba descritos.

En las especies demersales, como bacalo Gadus morhua, merluza Merluccius merluccius hubbsi, rouget Helicolenus dactylopterus lahillei, etc., se aplica comúnmente el corte oblicuo del neurocráneo, aunque es posible también utilizar el corte de las cápsulas óticas.

En los peces planos (lenguados, hipoglosos) los otolitos se extraen mediante el corte dorsal del neurocráneo, con la leve diferencia que éste se efectúa en forma recta por encima de los ojos.

6. PRESERVACION DE OTOLITOS

Los otolitos generalmente se preservan secos en sobres de papel, lo cual facilita su manipulación en trabajos de campo, así como su archivo dado el reducido espacio que ocupan.

En algunas especies es importante mantener la condición de fresco de los otolitos, ya que cuando se archivan secos éstos se vuelven extremadamente opacos, dificultando su lectura. A tales efectos, los otolitos deben preservarse en una solución de glicerina (75%) y agua (25%) a la que se le agrega unos cristales de Timol, éste último para evitar el crecimiento de bacterias y hongos.

7. TRATAMIENTO DE OTOLITOS

Debido a que en muchas especies el grosor u opacidad de los otolitos dificulta sumamente la lectura de dichas estructuras, se han desarrollado tratamientos especiales que permiten mejorar notoriamente la observación.

A modo de ejemplo, se puede pulir una o ambas caras del otolito, efectuar el corte transversal, extraer secciones delgadas, someterlos a la acción del calor, o bien llevar a cabo tinciones "in vivo" o "in vitro".

7.1 Pulido de otolitos

Para llevar a cabo este procedimiento se pueden utilizar varios tipos de pulidoras, las cuales constan básicamente de un motor eléctrico con eje directo (o polea de transmisión) y una piedra de pulir de grano fino. Pueden trabajar con agua circulante o sin ella. Cuando se trabaja con pulidoras que no poseen circuito de agua circulante (Figuras 7A y 7B), se debe humedecer la piedra de pulir con agua, en repetidas ocasiones, para la limpieza y mejor pulido del otolito.

Si bien la utilización de este método mejora la lectura, se debe prestar especial atención a la profundidad del pulido, ya que durante el mismo se pueden borrar uno o más anillos con la consiguiente subestimación de la edad.

El pulido se puede aplicar también a la superficie de corte en otolitos que han sido convenientemente seccionados.

7.2 Corte transversal de otolitos

La lectura de los otolitos de especies tales como bacalao, merluza y rouget puede verse facilitada mediante el corte transversal de los mismos. Para ello se procede de la siguiente manera:

- Se toma el otolito y se observa alguna característica de la morfología que indique el centro del núcleo. Es particularmente útil observar el surco acústico, el cual atraviesa una de las caras del otolito en el sentido longitudinal al eje mayor.
- Una vez que se ha determinado la localización del núcleo se efectúa un corte transversal al eje mayor, de modo que la superficie de corte forme un ángulo recto con éste. Dicho corte debe hacerse

Figura 7. Pulidora de otolitos

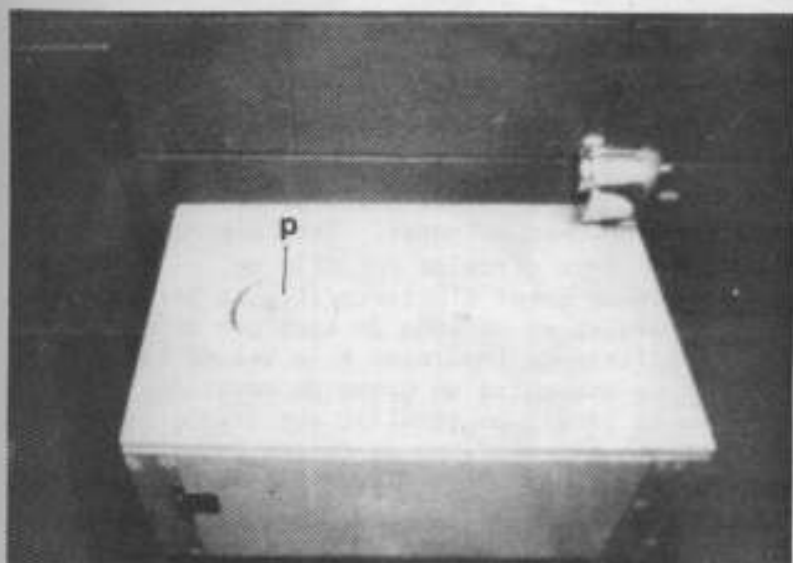


Figura 7A.
Aspecto general de la
pulidora. P: piedra de
pulir.



Figura 7B.
Motor y mecanismo de
transmisión.

en forma lenta con ayuda de una gota de alcohol, apoyando el otolito sobre una superficie blanda (por ejemplo, una base de goma gruesa) (Figuras 8A y 8B). Esto evita que se fracture el otolito fuera del núcleo o en un ángulo no deseado, con la consiguiente pérdida del material de trabajo, o haciendo difícil su lectura.

7.3 Secciones de otolitos

Los otolitos de las especies demersales -dada su particular morfología- permiten ser cortados con una sierra circular de baja velocidad con el fin de obtener secciones delgadas. Esta sierra consta básicamente de una hoja de corte circular con filo de diamante que gira por la acción de un motor eléctrico (Figura 9A:1). La hoja trabaja parcialmente sumergida en un baño de agua con detergentes a efecto de estar siempre libre de impurezas a la vez de lubricada. Por detrás de la hoja se encuentra un brazo de metal de sección rectangular, móvil (Figura 9A:2), un tornillo que gradúa la profundidad del corte y que acciona el mecanismo de detención automática del motor cuando el corte se ha efectuado (Figura 9A:3); un vástago que se encuentra en el extremo del brazo que se utiliza para colocar en él contrapesos, a los fines de balancear el brazo y efectuar una presión constante y controlada sobre la hoja durante el corte (Figura 9A:4); una platina de metal rectangular (Figuras 9A:5 y 9C) la cual posee un marco y una ranura por donde se introduce el otolito montado a ser cortado la cual se encuentra inmediatamente por encima de la hoja (Figura 9A:6), y un control de velocidad regulable manualmente (Figura 9B:1).

Para obtener secciones delgadas de otolitos mediante el uso de esta sierra se debe proceder como sigue:

- Se cortan trozos de cartulina del tamaño del interior de la platina. Se toman los puntos medios en cada lado de cada trozo de cartulina y se trazan con un lápiz líneas perpendiculares de modo de formar una cruz. Estos trozos de cartulina constituyen el medio sobre el cual se montan los otolitos.
- Se funde a baño maría (Figura 9B:2) una mezcla de parafina y carbón animal en una proporción de 5 a 1 respectivamente. La parafina se emplea para adherir y cubrir el otolito sobre la cartulina, mientras que el carbón animal se emplea como abrasivo.
- Una vez fundida, la mezcla parafina-carbón animal, se vierte con un gotero sobre el punto de cruce de las líneas de la cartulina. Con una gota se adhiere el otolito, el cual debe ser centrado de

Figura 8. Corte transversal de otolitos



Figura 8A.
Corte sobre una base
firme.

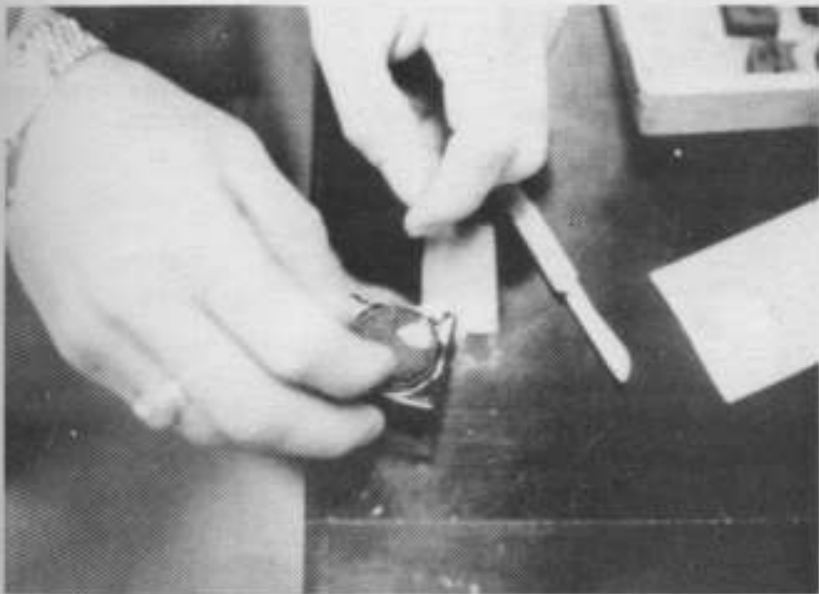


Figura 8B.
El corte se ha efectuado
mostrándose las dos mita-
des del otolito.

Figura 9. Secciones de otolitos.

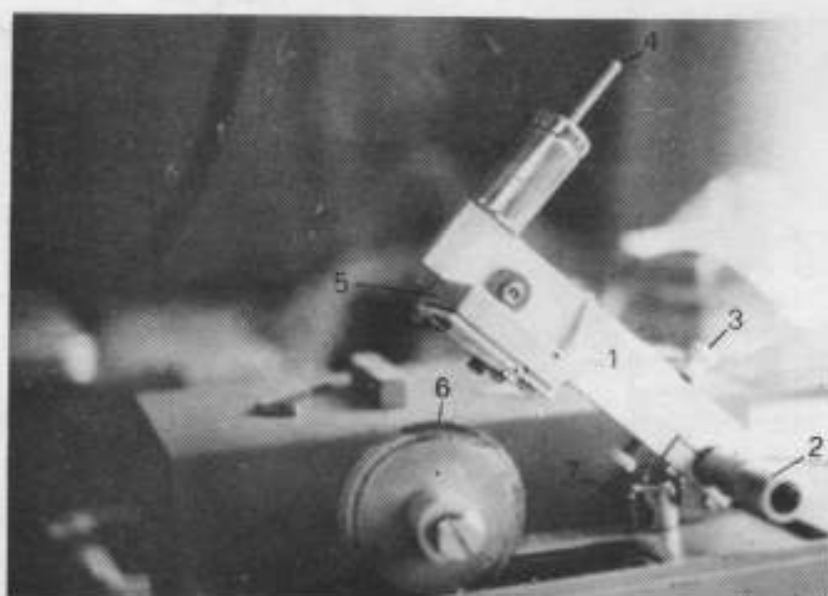
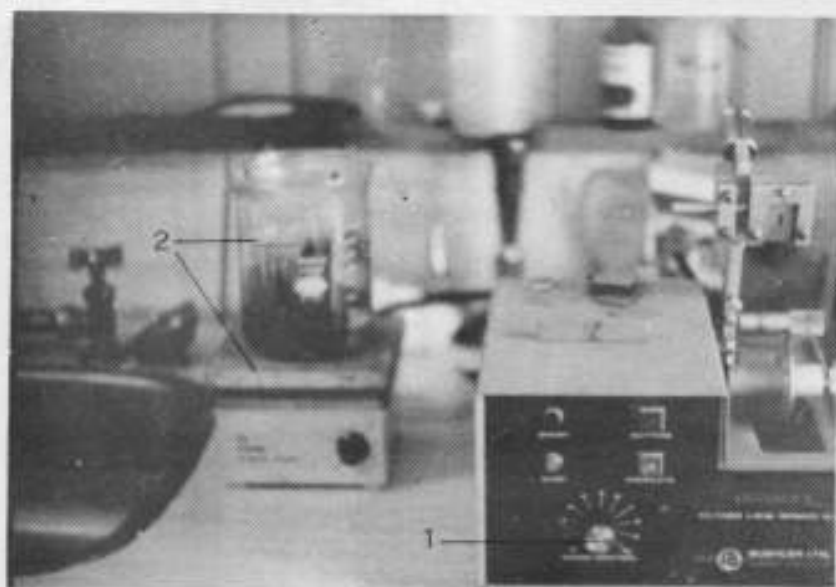
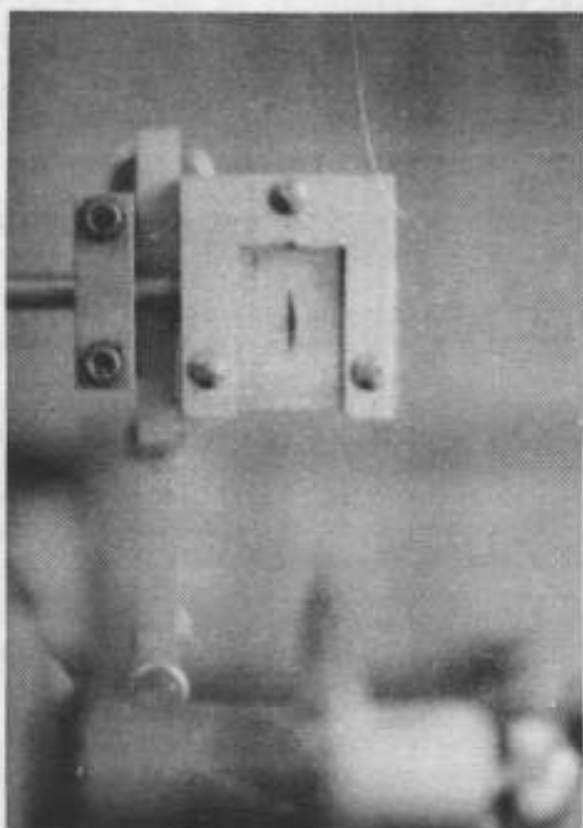
Figura 9A.
Distintas partes de la
sierra circular (expli-
caciones en el texto).Figura 9B.
Aspecto general de la
sierra circular y baño
de parafina (explicaciones
en el texto).

Figura 9. (continuación)

Figura 9C.
Detalle de la platina.

modo que el eje mayor pase por el centro del núcleo (eje menor del otolito) y que el eje menor de la cartulina se alinee con el eje mayor del otolito, preferentemente sobre el surco acústico.

- A continuación se cubre el otolito con una película de parafina de mediano espesor (aproximadamente 3 mm). Una vez ésta se ha enfriado y solidificado se cortan con un bisturí los restos de parafina que hayan quedado sobre el borde de la cartulina y que pudieran dificultar el ajuste de la misma dentro de la ranura de la platina.
- Luego de efectuar estas operaciones se debe ajustar el corte y regular el mismo en relación con el dispositivo de detención automática. Esto se logra colocando un trozo de cartulina (sin otolito) en la platina y moviendo el tornillo (Figuras 9A:3) de modo que éste accione el interruptor (Figuras 7 y 9A) en el momento que la sierra toque la cartulina.
- Una vez efectuada esta operación, se coloca la cartulina con el otolito montado en parafina en la platina.
- Se alinean la línea vertical que pasa por el centro del núcleo con la hoja de la sierra mediante el tornillo micrométrico.
- Se selecciona la velocidad a utilizarse para el corte, la cual debe estar en relación directa con el tamaño y espesor del otolito. Esto tiene como propósito evitar que la velocidad excesiva de la sierra desprenda la sección del otolito y se pierda dentro del recipiente que contiene el baño de limpieza; esto sucede frecuentemente con los otolitos de pequeño tamaño.
- Se pone en marcha el motor y se baja cuidadosamente el brazo que lleva la platina con el otolito, de modo que la parafina apoye sobre la hoja en movimiento.
- Una vez efectuado el corte, con el tornillo micrométrico se regula el espesor de la sección que se pretende obtener y se repite la operación precedente.
- Se retira el otolito seccionado y con la punta de un bisturí se separa lentamente la sección.
- La sección del otolito se limpia de restos de parafina sumergiéndola en un solvente (disán o nafta).
- Una vez limpia de restos de parafina que pudieran interferir con su posterior lectura, la sección se seca con papel absorbente quedando pronta para su montaje.

8. MONTAJE DE OTOLITOS

En ocasiones resulta aconsejable efectuar el montaje de los otolitos previo a su lectura, a los fines de mejorar la observación del lector, facilitar el manejo de un número grande de otolitos en una muestra, el intercambio de la misma con otros lectores, y -según se requiera- su archivo.

Los medios de montaje son de diversas clases: por ejemplo, los otolitos de especies demersales como bacalao, merluza y rouget pueden montarse en plasticina. Para esto se toma un bloque de plasticina de color, preferentemente negro, y se corta en trozos de 2 x 2 x 1 cm (Figura 10A). Estos se acondicionan (aproximadamente 50) en una bandeja de madera de 20 x 30 x 2,5 cm (Figura 10B). Luego se coloca en cada trozo el número de orden correspondiente escrito en un trozo pequeño de cartulina. Estos números pueden ir del 00001 al 10000 y se sugiere sean correlativos entre muestras a fin de facilitar su identificación en caso de mezcla de muestras o extravío.

Este método se aplica comúnmente para la observación de otolitos cortados transversalmente. Cada mitad se hunde en el trozo de plasticina dejando al descubierto 1/3 del otolito (Figura 10C).

Los otolitos de especies pelágicas y secciones de otolitos en general se montan en placas de plástico de color negro. Estas placas tienen 14,5 x 9,5 x 0,4 cm y orificios ciegos (aproximadamente 50) de 1,2 cm de diámetro y 0,3 cm de profundidad. Cada placa tiene un margen libre de 14,5 x 2,2 cm que se utiliza para pegar una cinta de color blanco en la que se anota toda la información referente a su identificación.

Los otolitos o las secciones se pegan con un solvente para plásticos, por ejemplo 1-2 dicloroetano.

Figura 10. Montaje de otolitos.

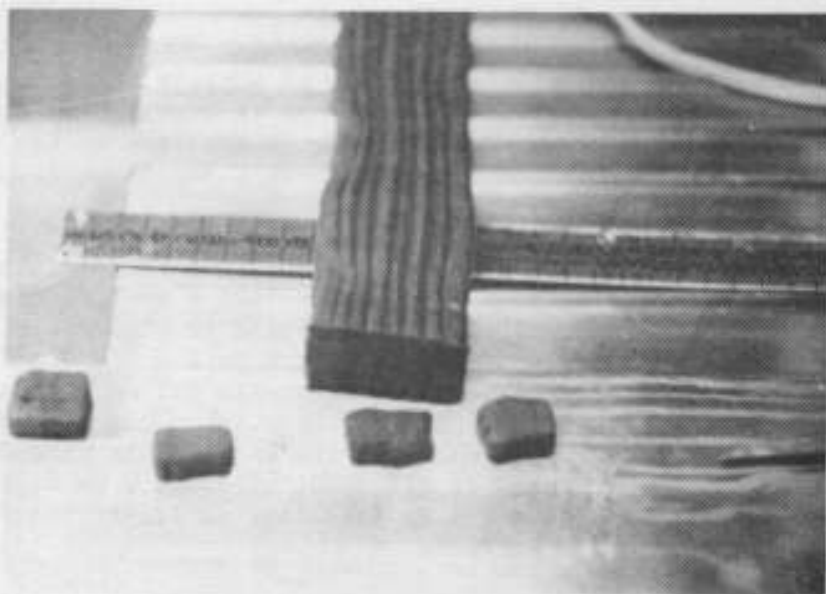


Figura 10A. Trozos de plastícina (explicación en el texto).

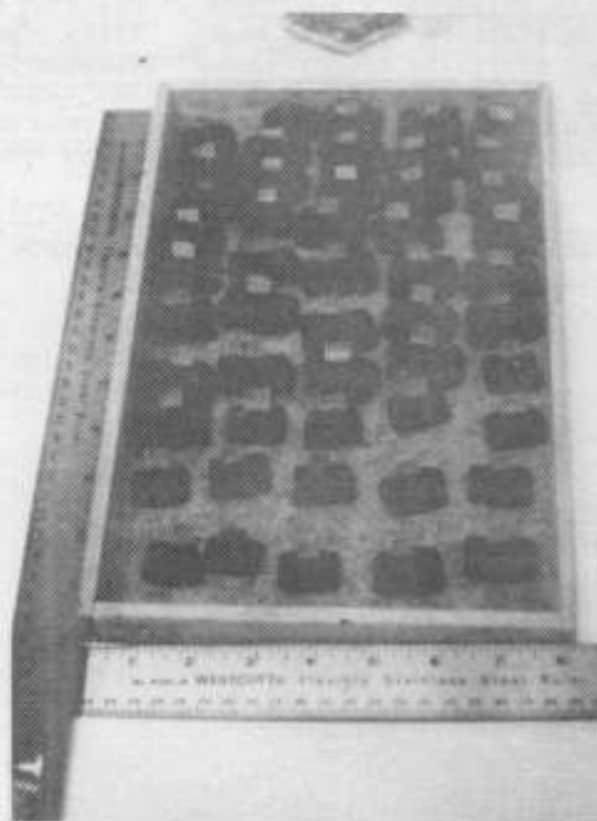
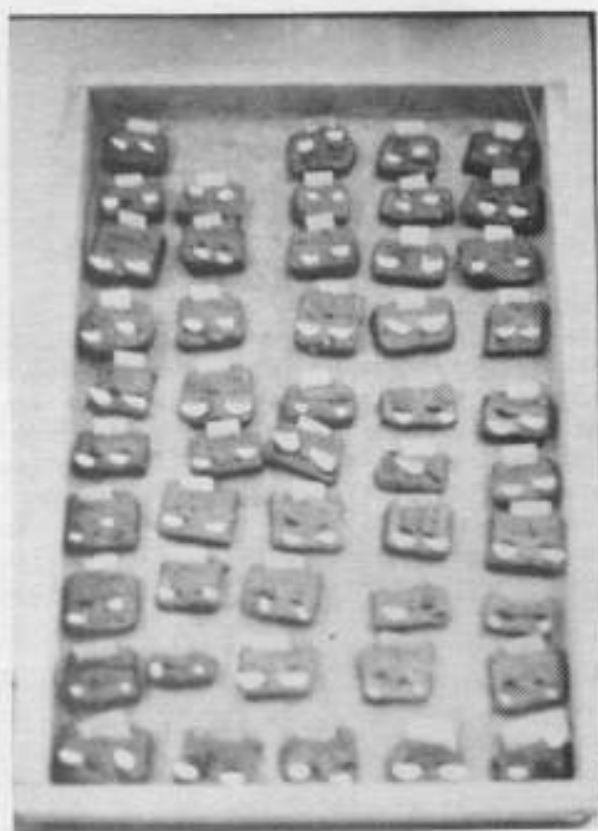
Figura 10B.
Manera de acondicionar los
trozos de plastícina (expli-
caciones en el texto).

Figura 10. (continuación)

Figura 10C.
Otolitos cortados y montados.

9. METODOS DE LECTURA DE EDADES

Existen varios métodos de lectura de edades que se aplican según se trate de observar un otolito entero, seccionado en dos porciones, o bien en forma de secciones delgadas.

El material de trabajo corrientemente utilizado a tales efectos consiste en:

- lupa binocular
- alcohol
- bisturí
- iluminador

La elección del aumento necesario para la observación de los otolitos debe tener en cuenta el tamaño de los mismo. Para otolitos grandes, por ejemplo de merluza, se consideran suficientes entre 10 y 15 aumentos. En especies de menor tamaño, como anchoíta, surel o pez limón, el aumento a utilizarse es mayor, entre 20 y 30.

La clase de fuente de iluminación a utilizarse es muy importante para lograr una observación clara y precisa. En general se utilizan iluminadores de metal equipados con lámparas de vidrio esmerilado y filamento incandescente, las cuales son difíciles de manipular dada la gran cantidad de energía térmica que generan (Figura 11). Sin embargo, se han diseñado iluminadores que transmiten la luz a través de un tubo de fibra de vidrio articulable (Figura 12). La fuente luminosa se encuentra compartimentada y ventilada. Este sistema tiene como ventaja que el operador puede lograr innumerables ángulos de iluminación mediante el tubo flexible que rodea la fibra de vidrio sin riesgos de experimentar quemaduras al manipularlo.

La iluminación directa del otolito se acepta como la más adecuada, ya que en general permite una buena resolución. Este tipo de iluminación presenta variaciones de acuerdo a la clase de material que se desee examinar. Los otolitos de merluza, surel, anchoíta y rouget se pueden observar con luz directa de la siguiente manera:

- En una caja de petri conteniendo alcohol se coloca el otolito con la cara que posee el surco acústico hacia arriba.
- Se hace incidir la luz con el iluminador colocado en un ángulo de 70° aproximadamente.
- Con el reóstato se regula la cantidad de luz emitida a efectos de lograr la mejor observación de las estructuras.



Figura 11.
Iluminación directa por
medio de iluminador metá-
lico.

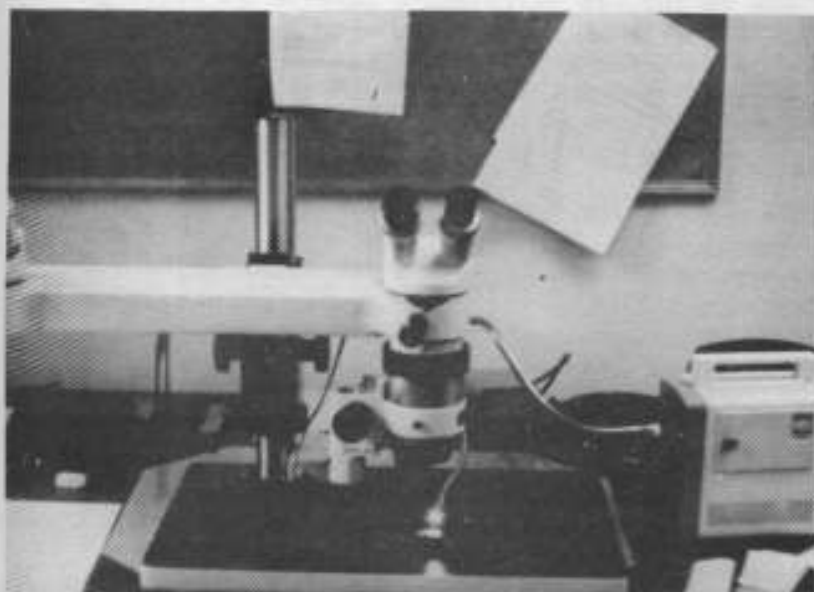


Figura 12.
Iluminación directa por
medio de iluminador de
fibra de vidrio.

De acuerdo a este método, los anillos que corresponden a zonas opacas de crecimiento de verano, se observan como bandas claras, mientras que las zonas hialinas de crecimiento de invierno se observan oscuras. Para observar secciones delgadas bajo luz directa se procede de la misma manera, por lo que se obtienen los mismos resultados ya señalados.

El examen de otolitos de merluza, bacalao o rouget que se han seccionado por su mitad e incluido en plasticina, se describe a continuación:

- Se coloca bajo el objetivo el trozo de plasticina que contiene ambas mitades.
- Con un gotero se coloca una gota de alcohol sobre la superficie de cada sección a efectos de aclarar la pieza y mejorar la lectura.
- Con el iluminador colocado en un ángulo agudo (45° aproximadamente) se hace incidir la luz a través del lado de la sección del otolito.
- Con la hoja de un bisturí colocada sobre el borde del otolito iluminado, se hace sombra de modo de observar los anillos de crecimiento.

En este ejemplo, los anillos que corresponden a zonas opacas de crecimiento de verano se observan oscuros y los anillos hialinos de crecimiento invernal, se presentan claros.

Otro método utilizado para examinar otolitos enteros y secciones delgadas consiste en hacer que la luz sea reflejada y penetre el otolito por debajo. Para ello se utiliza el iluminador incidiendo sobre el espejo de la lupa. En este caso, los anillos hialinos se observan claros y los opacos oscuros.

10. VALIDEZ DE LA LECTURA DE EDADES

Como ya se explicó, los anillos de crecimiento que se observan en los otolitos corresponden a un patrón definido de formación a través del tiempo. Por eso es que a medida que el pez crece en largo se observa la deposición de nuevas capas de sustancia orgánica y calcárea. En virtud de esto resulta que el proceso puede seguirse en un solo sentido. Es posible que el crecimiento de un pez pueda seguirse en forma retrospectiva si existe una relación directa entre el tamaño del otolito (zonas de crecimiento) y la edad.

10.1 Cálculo retrospectivo del largo-edad

Hunt (1978), trabajando con la merluza del Atlántico Norte Merluccius bilinearis, demostró que existe una relación directa entre el tamaño del otolito y la edad. Mediante cálculos matemáticos simples es posible conocer el tamaño del pez en años anteriores. Este método es de gran utilidad para validar los resultados que se obtienen en la lectura de edades.

Las medidas que se toman en cuenta para efectuar los cálculos son las siguientes (Figura 13):

- LTO = largo total del otolito medido de extremo a extremo
- LMO = largo de la mitad del otolito medido desde el centro del núcleo al borde anterior (el más ancho)
- LZH = largo de la zona hialina, desde el centro del núcleo al medio del borde anterior de cada zona hialina. Cada zona se anota con un subíndice que indica el número correspondiente, y se cuentan desde el núcleo hacia el borde anterior; por ejemplo la inmediata al núcleo es la LZH₁.
- LP_t = largo del pez en el momento de efectuada la lectura
- LP_n = largo del pez en el momento en que se pretende conocer

Las medidas de referencia se registran mediante el uso de una cámara clara agregada a la lupa y un ocular graduado en pequeños intervalos de longitud.

La expresión matemática aplicada al cálculo retrospectivo es la siguiente:

$$LP_n = LP_t \frac{LZH_n}{LMO}$$

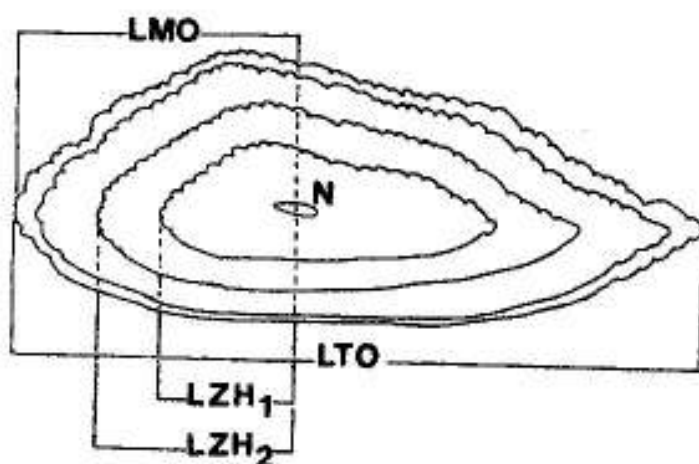


Figura 13.
Medida del otolito que se utiliza en el cálculo retrospectivo de la edad (explicación en el texto).

La distribución de frecuencias de los largos calculados indican concentraciones relacionadas con grupos de edad definidos. Se considera que los largos que se encuentran fuera de dicha distribución representan anillos falsos.

Sólo la consistencia entre un número determinado de lectores puede garantizar la exactitud de los resultados. Un lector experto puede leer alrededor de 100 otolitos por día.

Cuando las lecturas no son consistentes en su totalidad, se toma el valor modal para asignar el ejemplar su edad correspondiente. Si no hay un número de criterios que inclinen la balanza en uno u otro sentido, se recurre a estudiar el caso con mayor detenimiento de modo de determinar la "mejor edad". Para esto, se tienen en cuenta la fecha de nacimiento, la fecha de captura, la apariencia del borde del otolito (hialino u opaco), anillos dobles, anillos falsos, períodos de desove, y otras informaciones de la biología de la especie. Muchas veces la "mejor edad" coincide con el valor modal de las lecturas, lo que no significa necesariamente que deba ser así.

Hasta el presente no se ha adoptado una fecha de nacimiento arbitraria para las especies del Atlántico Sudoccidental, por lo que sería conveniente analizar en el futuro este aspecto, que resulta básicamente importante para el desarrollo de las lecturas de edades.

Para evitar pérdida de valioso tiempo, y para permitir la determinación de la edad ante cualquier dificultad que se plantee, es conveniente que el lector esté familiarizado con la biología de la especie y que disponga de la mayor cantidad de información posible.

El entrenamiento de personal científico en las diferentes técnicas de lecturas de edades es de fundamental importancia. Asimismo, se debe disponer del material de trabajo y elemento humano necesarios. Respecto al instrumental, es preciso se utilice un microscopio estereoscópico para discusión.

Por otra parte, cabe mencionar la utilidad que brinda reunir una colección básica de referencia de otolitos de edad conocida para cada especie, la cual puede estar acompañada por fotografías en las que se indiquen las estructuras observadas.

Se considera que un número mínimo de tres personas es suficiente para iniciar las lecturas, teniendo en cuenta grupos de especies; sin embargo, es aconsejable que tres personas estén afectadas a la lectura de una especie en particular. Este número es el que se toma para poder establecer un valor modal en las lecturas.

Se requiere que el personal entrenado antes de comenzar las lecturas sin supervisión, alcance un mínimo de 75% de coincidencias en las lecturas.

Es de gran importancia que los lectores controlen la consistencia de sus lecturas periódicamente. A tales efectos se deben reunir como mínimo cada seis meses y leer material determinado por ellos mismos en ocasiones anteriores.

Por último y no por ello menos importante, la sección de lectura de edades debe contar en lo posible con un espacio para acondicionar colecciones y archivo que se encuentre independiente de la sala de lectura.

BIBLIOGRAFIA

- Bagenal, T.B. - Ageing of fish. Unwin Brothers Limited, Surrey, 1974 England; 234 pp.
- Danevig, E.H. - Chemical composition of the zones in cod otoliths 1956 J. Cons. pour Ing. Explor. Mer, 21:156-159
- Everson, I. - Methodes de determination de l'age chez les poissons 1980 antarctiques, Cybium, Ser. 3 (11): 41-59
- FAO - Manual de ciencia pesquera. Parte 2: Métodos para investigar 1975 los recursos y su aplicación. FIRS/T115 (Rev. 1) (Es): 211 pp.
- Hunt, J.J. - Back-calculation of length-at-age from otoliths for 1978 silver hake of the Scotian shelf. ICNAF selected papers (5): 11-17
- 1980 - Guidelines for age determination of silver hake, Merluccius bilinearis, using otoliths. J. Northw. Atl. Fish Sci., 1: p. 65-80
- Irie, T. - On the forming season of annual rings (opaque and 1957 translucent zones) in the otoliths of several marine teleosts. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., 1-311-317
- Marl, A. & Valdés, E. - Age and growth of silver hake, Merluccius 1981 bilinearis on the Scotian shelf. NAFO SCR Doc. 81/TX/85: 7 pp
- M'Intosh, W.C. & Prince, E.E. - On the development and life histories 1890 of the teleostean food and other fishes. Trans. R. Soc. Edinb, 35: 665-944
- Morales-Nin, B. - Incremento de crecimiento diario en las sagittas 1980 de Merluccius paradoxus de Franca. Inv. Pesq. 44 (2): 305-312
- Wells, R. - Ageing of cod. Northwest Atlantic Fisheries Centre, 1981 Fisheries & Oceans; Canada: 13 pp

lw. 4354

MFN 1202